



Manuel d'utilisation de la maquette

CENTRALE HYDROELECTRIQUE

Enseignement au collège et au lycée

Articles	Code
Centrale hydroélectrique	870M0004

Document non contractuel

L'énergie hydraulique

L'énergie hydroélectrique est obtenue en transformant l'énergie mécanique des flux d'eau (courant des rivières et courants marins, houle, chutes) en énergie électrique. Elle est aussi appelée **houille blanche.**

On distinguera donc plusieurs types de centrales :

- les centrales "au fil de l'eau" utilise le débit des fleuves et rivières ;
- les centrales "de chute" avec réservoir (lac artificiel et barrage) et conduite forcée ;
- les usines marémotrices ;
- au stade expérimental, les éoliennes sous-marines ou hydroliennes utilisant les courants marins et des caissons immergés pour capter l'énergie des vagues.

Toutes ces installations ont en commun l'utilisation de **turbines** et d'**alternateurs.**

En France, la puissance potentielle des 399 barrages est de 25 gigawatts, soit 22% de la puissance totale des centrales électriques. Mais la production réelle d'électricité par houille blanche n'est que de 15% à un instant donné. L'hydroélectricité est utilisée comme **variable d'ajustemen**t, l'énergie électrique obtenue par d'autres moyens, à cette échelle, ne se stockant pas.

Les progrès réalisés sur l'élaboration des alternateurs et surtout des turbines permettent désormais aux particuliers de s'équiper de micro ou pico-centrales, soit sur chute inférieure à cinq mètres, soit au fil de l'eau.

Principe d'une centrale hydroélectrique

L'énergie hydraulique est depuis longtemps une solution mise en œuvre dans la production d'électricité car elle utilise une énergie renouvelable. Il existe également des centrales hydroélectriques de pompage-turbinage qui permettent d'accumuler l'énergie (venant d'autres types de productions peu maniables comme les centrales nucléaires) lorsque la consommation est basse et de la restituer lorsque nécessaire.



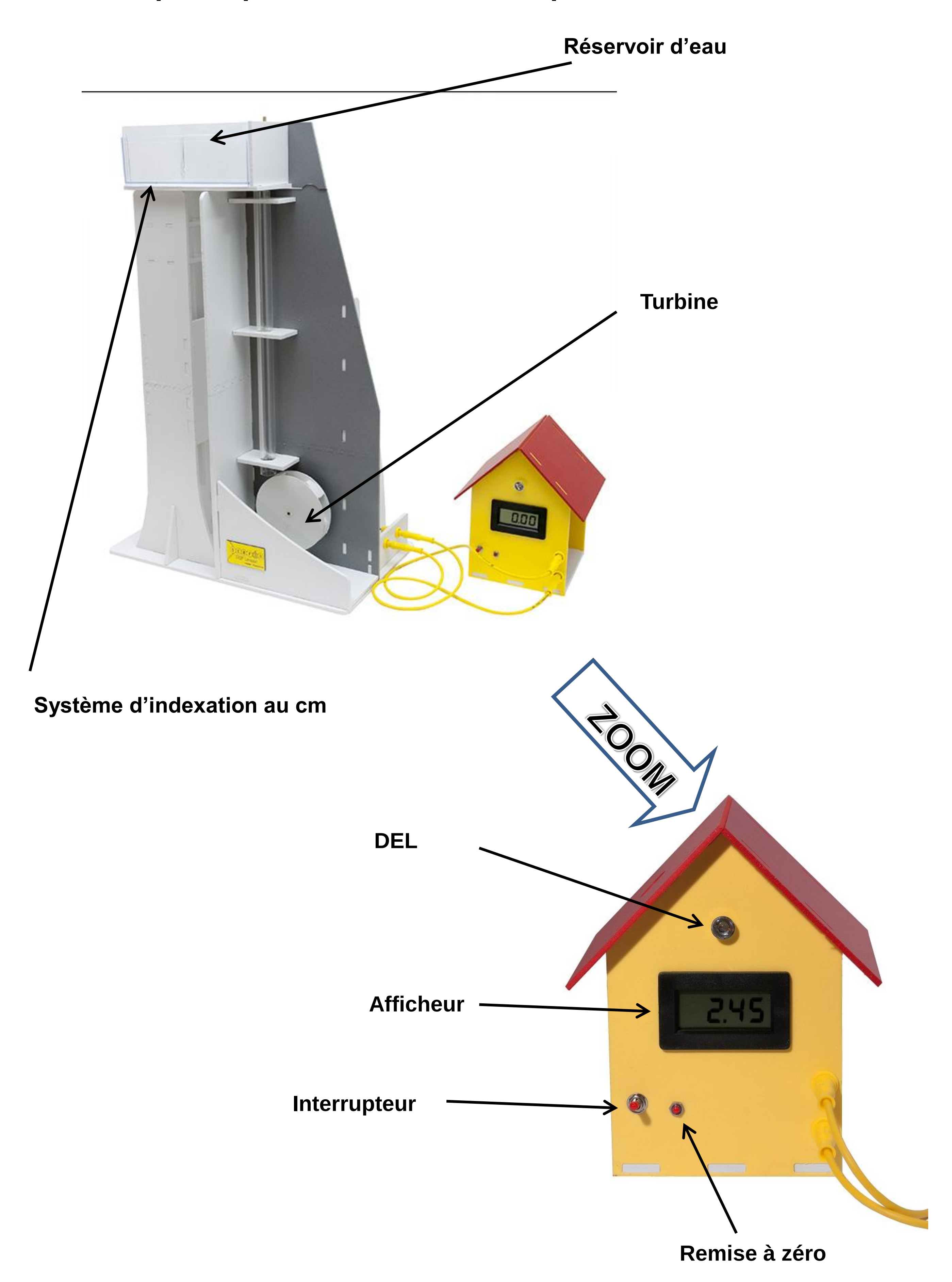
Barrage de Kemps

Les centrales les plus courantes utilisent l'énergie potentielle de l'eau ou la gravité. L'ensemble est composé de deux parties: le réservoir et ses conduites et la centrale proprement dite. Le réservoir est un lac artificiel créé par barrage sur un cours d'eau de montagne. De ce plan d'eau partent des conduites forcées qui actionnent des turbines, elles-mêmes alimentant des alternateurs.

Obstacles, défauts ou inconvénients :

Outre que les sites potentiels se situent généralement en montagne, entraînant des surcoûts importants de construction, le nombre de ces sites est limité.
De plus, ce système implique parfois de noyer des vallées entières de terres cultivables, où les hommes vivent bien souvent depuis des générations.
Il existe différents types de centrales hydroélectriques, notamment les micro-centrales, installées sur des rivières en tête de bassin, certaines avec un fort impact écologique.

Descriptif et présentation de la maquette



La maquette centrale hydroélectrique a pour principal objectif de sensibiliser les élèves à la problématique des énergies renouvelables.
Elle peut également être utilisée afin de mettre en évidence la notion de conversion d'énergie (conversion d'énergie mécanique et plus particulièrement énergie potentielle de pesanteur en énergie électrique).
Cette maquette permet également de vérifier expérimentalement l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur (à une constante près) en faisant varier deux paramètres (hauteur de la chute d'eau, quantité d'eau).

La maquette est composée :

- d'un récipient (*R*) dans lequel de l'eau est stockée (capacité de 2 L) ;
- d'une génératrice (*G*) assurant la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique ;
- de pales, qui en contact avec l'eau, entraînent la génératrice ;
- d'une diode électroluminescente (*D.E.L.*) blanche permettant d'illustrer l'utilisation directe de l'énergie électrique (sans stockage) ;
- d'un condensateur (*C*) permettant de stocker l'énergie électrique (sous forme continue) ;
- d'un voltmètre (*aff*) permettant de mesurer une tension afin de calculer l'énergie stockée dans le condensateur ;
- d'un interrupteur (*K*) permettant de choisir entre les deux modes de fonctionnement (utilisation directe de l'énergie ou stockage puis utilisation de l'énergie électrique) ;
- d'une sortie génératrice,sur le côté droit permettant l'analyse du courant.

Suggestions pour la classe

Au collège

Classe de 5ème

Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique. Élaborer un cycle des transformations énergétiques en relation avec le cycle de l'eau.

Classe de 3ème

Deux différentes formes d'énergie peuvent être mise en avant : l'énergie mécanique et l'énergie électrique. On pourra aborder à l'aide de cette maquette les notions de conversion d'énergie et de stockage d'énergie :

- stockage de l'énergie sous forme mécanique (énergie potentielle de pesanteur) ;
- conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique à l'aide de la génératrice ;
- stockage de l'énergie sous forme électrique (énergie électrique stockée dans le condensateur) ;
- utilisation de l'énergie électrique (conversion de cette énergie en énergie lumineuse).

Mais aussi des sujets purement électriques :

- analyse d'une tension alternative à l'oscilloscope ;
- la génératrice et l'alternateur.

Au lycée

Classe de 1ère S

L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur $E_p = m\ g\ z + E_{p0}$ peut être déduite expérimentalement assez simplement en utilisant le stockage de l'énergie électrique dans le condensateur et en observant l'afficheur :

- Volume d'eau stockée variable :

Il est possible de mettre un volume d'eau inférieur à la capacité maximale du récipient. Il est par exemple possible d'en mettre la moitié. On observera alors sur l'afficheur la moitié de la valeur lue précédemment. On en déduit donc que l'énergie stockée est proportionnelle au volume d'eau stockée, et plus particulièrement à sa masse. Oon peut tracer $\mathbf{U_c^2}$ en fonction de V. Si on obtient une fonction affine on peut déduire que :

$$E_{p\,=} = a_2V+E_p^0$$

soit aussi comme $V = m/\rho$, $E_p = a_2/\rho.m+E_p^0$ *soit encore* $E_p = a_3.m+E_p^0$

- Hauteur de la chute d'eau :

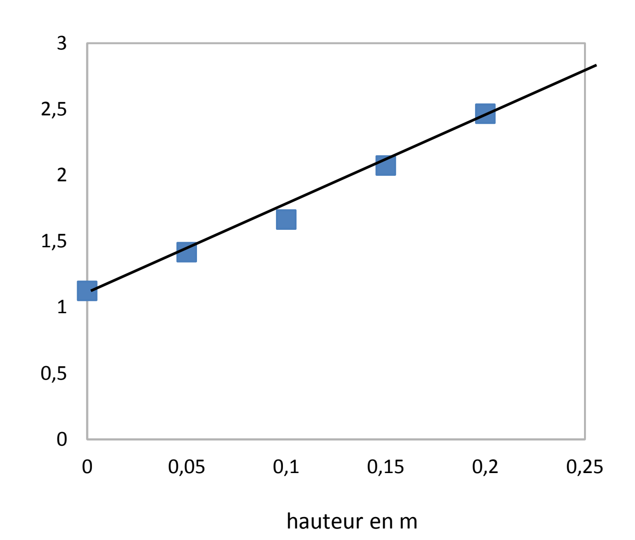
Il est également possible de faire varier la hauteur de la chute d'eau en translatant le récipient verticalement. Ainsi on montrera que l'énergie potentielle est proportionnelle à la hauteur de la chute d'eau (à une constante près : E_{p0}).
La tension visualisée sur l'afficheur est la tension mesurée aux bornes du condensateur servant au stockage de l'énergie électrique sous forme de tension continue. L'énergie électrique stockée dans un condensateur a l'expression suivante :

$$W_e = ½\, CU^2_c$$

Le condensateur interne possède une capacité C de 4700 μF et une résistance de charge de 1 $k.\Omega$. Nous avons donc calculé le carré de la tension Uc.

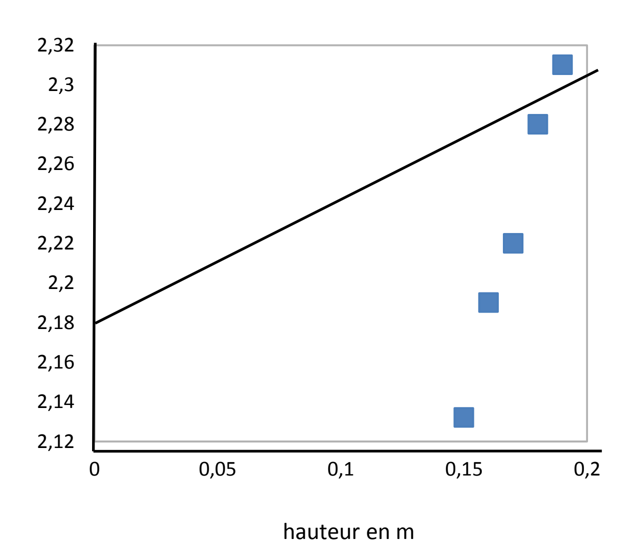
h	$\mathbf{U_c}$	$\mathbf{U_c^2}$
(m)	**(V)**	**(V²)**
0	1,06	1,124
0,05	1,19	1,416
0,1	1,29	1,664
0,15	1,44	2,074
0,2	1,57	2,465

On trace alors et on remarque que la grandeur $\mathbf{U_c^2}$ est une fonction affine de la hauteur h de la chute d'eau. On peut donc déduire que l'énergie potentielle est également une fonction affine de la hauteur h soit : $E_p = a_1.h+E_p^0$



Remarque : des mesures pour des hauteurs de chute allant de 15 cm à 20 cm confirment également ces résultats.

h	**U_c**	**U_c^2**
(m)	**(V)**	**(V^2)**
0,15	1,46	2,132
0,16	1,48	2,19
0,17	1,49	2,22
0,18	1,51	2,28
0,19	1,52	2,31
0,2	1,55	2,403



Conclusion

En faisant varier les deux paramètres h et V nous avons montré que :

$$E_p=a_1.h+E_p^0 \text{ et } E_p= a_3.m+E_p^0$$

On peut donc en déduire que $E_p=a.m.h+ E_p^0$

A l'aide d'une analyse dimensionnelle déduisons l'unité du coefficient *a*. Une énergie s'exprime en

joule (J), de même que le travail d'une force. On peut donc dire que des joules (J) sont équivalents à des newtons multipliés par des mètres (N.m).
a s'exprime donc en newton par kilogramme (N/kg) : il s'agit de l'unité de l'intensité d'un champ de pesanteur (g) on peut donc dire finalement que :

$$E_p = m.g.h + E_p^0$$

Utilisation de la maquette

Avant de commencer les mesures de la charge du condensateur, s'assurer que les deux commutateurs soient bien sur la position « mesure ».
Faire les mesures de charge du condensateur en fonction de la hauteur du bassin ou du volume d'eau dans le bassin.

Remarques :

- Les mesures électriques citées en référence dans cette documentation peuvent ne pas être tout à fait identiques à celles de votre maquette. En effet, les caractéristiques des générateurs diffèrent en fonction des approvisionnements.

- Un système de mise à hauteur du bac gradué en cm a été aménagé au dos de la centrale, un levier et une échelle crantée permettent la mise à la hauteur souhaitée du bac.

- La manipulation du bac doit se faire à vide. Il faut ajuster à la hauteur souhaitée avant d'ajouter de l'eau.

- L'ouverture de la vanne doit se faire assez rapidement pour éviter la formation d'une colonne d'air dans le tube, ce qui empêche la rotation de la turbine à cause d'un débit d'eau insuffisant.